

## University of Groningen

### Pointing to the Future

Van Braeckel, Koenraad Noëlla Josephine Antoon

**IMPORTANT NOTE:** You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

*Document Version*

Publisher's PDF, also known as Version of record

*Publication date:*

2008

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

*Citation for published version (APA):*

Van Braeckel, K. N. J. A. (2008). *Pointing to the Future: New insights into elementary visuomotor processes in typically developing and preterm born children*. [Thesis fully internal (DIV), University of Groningen]. [s.n.].

**Copyright**

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

**Take-down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

SAMENVATTING

## Samenvatting

Reiken naar en grijpen van objecten vormen een intrinsiek onderdeel van het leven van een mens. Zulke handelingen vormen bij kinderen een mijlpaal in hun ontwikkeling, omdat ze het kind in staat stellen de omgeving grondiger te verkennen en te controleren dan ooit tevoren. Reiken en grijpen maakt het kinderen mogelijk om zelfstandig voedsel naar hun mond te brengen, of naar objecten te wijzen om een verlangen te uiten. De informatieverwerking die bij zulke bewegingen betrokken is, vormt de basis voor het leren strikken van veters en het leren schrijven op schoolleeftijd.

Ondanks dat de meeste kinderen met alle gemak reiken en grijpen, zijn de visuomotorische processen om zulke bewegingen te programmeren en te controleren extreem complex en nauwkeurig georchestreerd. Om een reikbeweging te programmeren, moet het visuele systeem de positie van het doelobject ten opzichte van de hand vaststellen (bevindt het object zich links of rechts van mij?). Vervolgens moeten de hersenen deze informatie vertalen in lichaamsgecentreerde coördinaten. Die coördinaten worden dan in samenwerking met het motorisch systeem gebruikt om een bewegingsprogramma op te stellen dat de bewegingsafstand (hoe ver moet ik reiken?) en de bewegingsrichting bepaalt (moet ik naar links of recht vooruit reiken?), rekening houdend met de lichaamshouding (zijn mijn middel en schouders naar het object gericht?). Dit programma moet ook de bewegingssnelheid, de duur van de acceleratie en deceleratie, en de mate van acceleratie en deceleratie bevatten. Wanneer eenmaal dit programma is opgesteld, kan de beweging ingezet worden. Vervolgens moet de beweging gecontroleerd worden, wat de hersenen razend snel doen - we hebben het over milliseconden! De hersenen registreren de visuele informatie over de posities van de bewegende arm, hand en vingers in relatie met de positie van het doelobject. Deze visuele feedback informatie wordt geïntegreerd met proprioceptieve feedback informatie van de spieren en de huid over de

posities van de schouder, arm, en vingers tijdens de beweging. Tenslotte wordt de geïntegreerde visuele en proprioceptieve feedback informatie tijdens de beweging vergeleken met het bewegingsprogramma voor eventuele correcties van de beweging (on-line controle). Zo wordt een vlotte, snelle beweging behaald, die eindigt op een adequate positie dicht bij het doelobject. De processen, die betrokken zijn bij het programmeren en on-line controleren van reik- en grijpbewegingen, verlopen zonder dat men erover nadenkt.

Dit onderzoek richt zich op de ontwikkeling van elementaire visuomotorische processen, die -zoals hierboven beschreven- betrokken zijn bij reikbewegingen bij kinderen. Meer specifiek hebben we ervoor gekozen om de ontwikkeling van deze processen bij prematuur geboren kinderen en kinderen met een gewone ontwikkeling te onderzoeken. Studies laten consistent visuomotorische problemen zien bij prematuur geboren kinderen. Echter, deze visuomotorische problemen worden in het algemeen vastgesteld op basis van complexe, visuomotorische tests waarin cognitieve informatieverwerking een belangrijke rol speelt. Bijgevolg is het onduidelijk of de visuomotorische problemen van premature kinderen gerelateerd zijn aan een beperking van elementaire visuomotorische processen en/of van cognitieve processen. Dit onderzoek bestudeert ook kinderen met een gewone ontwikkeling, omdat er nog fundamentele vragen over de ontwikkeling van elementaire visuomotorische processen bij deze groep kinderen te beantwoorden zijn.

De groep premature kinderen, die we in dit onderzoek bestudeerd hebben, bestaat uit een groep te vroeg geboren (25 weken < zwangerschapsduur < 34 weken en 595 g < geboortegewicht < 1800g) zonder ernstige medische complicaties die tijdens de prenatale en/of neonatale periode ontstaan zijn, zoals hersenverlamming (cerebrale parese). Vanuit theoretisch perspectief verschaft het onderzoek naar elementaire

## Samenvatting

visuomotorische processen in deze groep inzicht in de ontwikkeling en plasticiteit van neurale netwerken, die betrokken zijn bij de visuomotoriek. De ontwikkeling van deze netwerken staat bij prematuur geboren kinderen al van bij de geboorte onder druk, immers, het brein wordt al vroeg in de ontwikkeling geconfronteerd met ongewone gebeurtenissen en een premature ervaring met de buitenwereld. Vanuit klinisch perspectief verschaft dit onderzoek inzicht in processen die aan de basis liggen van het leren van belangrijke dagelijkse vaardigheden, zoals schrijven, waarvan is aangetoond dat te vroeg geboren kinderen problemen hebben om die te beheersen.

Milner & Goodale (1995) onderscheiden in hun theorie over visuele informatieverwerking een dorsale en een ventrale visuele stroom, waarbij ze de eerste als een 'hoe'-stroom en de tweede als een 'wat'-stroom definiëren. Ze stellen voor dat de dorsale stroom visuele informatie verwerkt voor snelle, doelgerichte handelingen, zoals reiken en grijpen, terwijl de ventrale stroom visuele informatie verwerkt voor objectherkenning. Onderzoek bij gezonde mensen en neurologische patiënten heeft aangetoond dat aanwijstaken een valide maat zijn voor het functioneren van de dorsale stroom. Bij aanwijstaken wordt een visuele stimulus – vaak een stip - aangeboden en bestaat de opdracht erin snel naar de stimulus te reiken om die vervolgens nauwkeurig aan te raken. Foreman, Fielder, Minshell, Hurion, & Sergienko (1997) boden een eenvoudige aanwijstaak aan een groep prematuur geboren 6-jarige kinderen en een groep op tijd geboren leeftijdsgenoten aan. Bij de prematuur geboren kinderen waren tijdens de neonatale periode geen ernstige medische complicaties vastgesteld. Zij vonden dat de responsetijd – programmering plus uitvoering van de beweging – bij de prematuur geboren kinderen langer was dan bij de op tijd geboren kinderen. Verder vonden ze dat de prematuur geboren kinderen zwakker presteerden op een visuele zoektaak, waarvan ze net zoals bij de aanwijstaak veronderstelden dat deze taak een beroep doet op de dorsale stroom. Tevens

vonden ze dat de kinderen even goed presteerden op twee visuele perceptietaken, waarvan ze veronderstelden dat die een beroep doen op de ventrale stroom. Op basis van deze resultaten stelden Foreman et al. de hypothese op dat de dorsale maar niet de ventrale visuele stroom aangedaan is bij prematuur geboren kinderen. Beeldvormingsonderzoeken bij zowel premature pasgeborenen als prematuur geboren kinderen op schoolleeftijd zonder ernstige medische complicaties tijdens de neonatale periode ondersteunen de hypothese van Foreman et al. Deze onderzoeken lieten zien dat de witte stofbanen in de hersengebieden waarin de dorsale stroom zich bevindt korter, dunner en minder goed georganiseerd zijn dan bij op tijd geboren leeftijdsgenoten. Echter, een alternatieve verklaring voor de visuomotorische problemen bij prematuur geboren kinderen is een disfunctie van het cerebellum. Het cerebellum is betrokken bij de verwerking van de proprioceptieve informatie ter correctie van de gaande beweging (on-line controle). De bevindingen dat het cerebellum bij premature pasgeborenen en premature kinderen op schoolleeftijd kleiner is dan bij op tijd geboren leeftijdsgenoten zijn consistent met de hypothese van een disfunctionele cerebellaire ontwikkeling.

In de eerste empirische studie (*Hoofdstuk 2*), onderzoeken we of de visuomotorische problemen bij prematuur geboren kinderen gerelateerd zijn aan een disfunctie van de dorsale stroom en/of het cerebellum. In deze studie maken we gebruik van een eenvoudige aanwijstaak, waarin we uitsluitend de bewegingsafstand manipuleren door een groene stip - het doel - op drie verschillende afstanden in één richting aan te bieden. De uitvoering van de taak verloopt als volgt: het kind drukt met de wijsvinger van de voorkeurshand een knop in waarna een rode stip verschijnt in het midden van het scherm (fixatiepunt). Na een variabele tijd verschijnt een groene stip. Vervolgens programmeert het kind de beweging en zodra de programmeringsfase

## Samenvatting

afgelopen is, laat het kind de knop los. De tijd tussen het aanbieden van de groene stip en het loslaten van de knop wordt de reactietijd genoemd en representeert de programmeringstijd van de beweging. We veronderstellen dat de programmeringstijd een maat is voor dorsaal functioneren, aangezien tijdens de programmeringsfase visuele informatie omgezet moet worden in een motorische handeling. Vervolgens versnelt de beweging (acceleratiefase) waarna de beweging vertraagt zodat correcties kunnen plaatsvinden (deceleratiefase) om tot slot de stip aan te raken (eindpunt). De acceleratiefase is het onmiddellijke resultaat van de bewegingsprogrammering en wordt nauwelijks of niet beïnvloed door visuele en proprioceptieve feedback informatie ter correctie van de beweging. De deceleratiefase, daarentegen, wordt wel beïnvloed door visuele en proprioceptieve feedback, waarbij we veronderstellen dat deze op respectievelijk de dorsale visuele stroom en het cerebellum een beroep doet. De hypothesen zijn dat indien de dorsale visuele stroom bij prematuren disfunctioneel is, dan zijn de reactietijd, de bewegingstijd en de deceleratietijd langer bij de premature geboren groep kinderen dan bij de op tijd geboren leeftijdsgenoten (controlegroep). Indien uitsluitend het cerebellum disfunctioneel is, dan wordt verwacht dat alleen de deceleratietijd langer is bij de premature geboren groep kinderen. De resultaten laten zien dat de reactietijd en bewegingstijd bij de 7-, 9-, en 10-jarige prematuren langer is dan bij de controlegroep, echter, er wordt geen toename in de nauwkeurigheid van de bewegingen gevonden. De toename van de bewegingstijd is eerder gerelateerd aan een toename van de deceleratietijd dan van de acceleratietijd. Deze resultaten ondersteunen de hypothese van een disfunctionele dorsale stroom bij premature geboren kinderen. Echter, de langere bewegingstijd, met name de langere deceleratietijd, sluit een disfunctioneren van het cerebellum niet uit. Vanuit ontwikkelingsperspectief verliep het leeftijdstraject van de bewegingstijd in de

controlegroep niet lineair, wat men intuïtief niet zou verwachten. De 8-jarigen waren trager dan de 7- en 9-jarigen, die op hun beurt trager waren dan de 10-jarigen. De 7- en 9-jarigen verschilden niet. Zo'n regressie in visuomotorische prestatie op aanwijstaken is reeds door meerdere onderzoeksgroepen beschreven bij kinderen met een gewone ontwikkeling rond de leeftijd van 8 jaar. De hypothese is dat rond 8 jaar een intersensorisch netwerk tot ontwikkeling komt waarin visuele en proprioceptieve feedback informatie geïntegreerd worden ter controle van de beweging. Dit integratieproces zou gepaard gaan met een regressie in de bewegingssnelheid. Kinderen jonger dan 8 jaar zouden de visuele en proprioceptieve feedback informatie onafhankelijk verwerken. Kinderen ouder dan 8 jaar zouden het intersensorisch netwerk oefenen tot het netwerk een volwassen niveau van efficiëntie bereikt. Het leeftijdstraject van de bewegingstijd bij de premature groep verschilt van dat van de controlegroep: de 8-jarigen zijn sneller dan de 7- en 9-jarigen, en de 10-jarigen zijn sneller dan de 9-jarigen. De 8- en 10-jarigen verschillen niet. Bijgevolg is het niet duidelijk of de ontwikkeling bij de premature groep met 1 jaar vertraagd is en de regressie pas op 9 jaar optreedt in plaats van op 8 jaar zoals gevonden is bij kinderen met een gewone ontwikkeling, of dat het ontwikkelingsproces verschillend verloopt. Tenslotte is het opvallend dat de 8-jarige premature groep even goed als de controlegroep presteert. Gegeven de hypothese van een regressie rond 8 jaar bij kinderen met een gewone ontwikkeling zou de gelijke prestatie van de premature groep met de controlegroep op 8 jaar eerder kunnen samenhangen met een regressie in de controlegroep dan met een verbetering in de premature groep.

In *Hoofdstuk 3* wordt een quasi-longitudinale studie gepresenteerd waarin we dezelfde aanwijstaak tweemaal aanbieden aan dezelfde groepen premature en controlekinderen als in *Hoofdstuk 2*. Bij een subgroep van



## Samenvatting

premature kinderen boden we de taak driemaal aan. Het interval tussen elke aanbieding was ca. 14 maanden. In deze studie onderzoeken we of de ontwikkeling van elementaire visuomotorische processen bij premature kinderen verschilt van kinderen met een gewone ontwikkeling of dat die ontwikkeling met één jaar vertraagd is in vergelijking met een gewone ontwikkeling. Verder maakt deze studie het mogelijk om de hypothese van een transitie naar intersensorische integratie bij kinderen met een gewone ontwikkeling grondiger, namelijk vanuit longitudinaal perspectief, te onderzoeken. Indien de transitie inderdaad een transitie naar intersensorische integratie inhoudt, dan verwachten we bij de controlegroep eerder een toename van de deceleratietijd dan van de acceleratietijd, omdat juist tijdens de deceleratiefase zowel visuele als proprioceptieve informatie verwerkt wordt. Evenals in de vorige studie presteert de premature groep tijdens elke aanbieding zwakker dan de controlegroep: in vergelijking met de controle leeftijdsgenoten zijn de 8- en 11-jarige premature groepen even snel maar minder nauwkeurig en is de 10-jarige premature groep trager en even accuraat. De 9-jarige premature groep verschilt niet van de controle leeftijdsgenoten, wat suggereert dat de elementaire visuomotorische processen in die premature groep intact zijn, aangezien ze 14 maanden eerder (op de leeftijd van 8 jaar) ook even goed presteerden. Vanuit ontwikkelingsperspectief neemt de bewegingstijd tussen 7 en 8 jaar in de controlegroep toe, wat gerelateerd is aan een toename van de deceleratietijd terwijl de acceleratietijd constant blijft. Daarentegen neemt de bewegingstijd tussen 8 en 10 jaar af, wat gerelateerd is aan een afname van de acceleratietijd terwijl de deceleratietijd constant is. Tussen 10 en 11 jaar wijzigt de bewegingstijd niet. We hebben tot nu toe geen andere studie in de literatuur kunnen vinden die longitudinale data gebruikt hebben om de hypothese over de regressie in de ontwikkeling van de bewegingscontrole bij

kinderen met een gewone ontwikkeling rond 8 jaar te bevestigen. Bovendien is onze studie de eerste die laat zien dat deze regressie eerder van invloed is op de latere fase van de bewegingen (deceleratiefase) dan op de vroege fase (acceleratiefase). Bijgevolg zou de regressie rond 8 jaar bij kinderen met een gewone ontwikkeling eerder betrekking hebben op een transitie in de ontwikkeling van on-line feedback informatieverwerking - toename van de deceleratietijd tussen 7 en 8 jaar - dan op de bewegingsprogrammering – constante acceleratietijd tussen 7 en 8 jaar. Deze interpretatie ondersteunt de theorie dat de transitie rond 8 jaar de intersensorische integratie van on-line feedback informatie betreft. Daarentegen suggereert deze studie dat de verbetering van de bewegingscontrole na de leeftijd van de transitie eerder gerelateerd is aan een verbetering van de bewegingsprogrammering – afname van de acceleratietijd tussen 8 en 10 jaar - dan aan een verbetering van de on-line feedback informatieverwerking - constante deceleratiefase tussen 8 en 10 jaar. Aangezien de deceleratietijd niet afneemt tussen 8 en 11 jaar, suggereren onze resultaten dus dat het intersensorisch netwerk pas in efficiëntie toeneemt na de leeftijd van 11 jaar. In de premature groep kinderen zien we dat het ontwikkelingsproces anders verloopt dan bij de controlegroep. In tegenstelling tot de controlegroep, neemt bij de premature groep tussen 7 en 8 jaar de bewegingstijd af en zijn de bewegingen minder nauwkeurig. De bewegingsefficiëntie - snelheid versus nauwkeurigheid – verandert dus bij de premature groep niet. Tussen 8 en 10 jaar neemt de acceleratietijd zowel bij de premature groep als bij de controlegroep af, maar terwijl de deceleratietijd constant blijft bij de controlegroep, neemt de deceleratietijd subtiel bij de premature groep toe. Tussen 10 en 11 jaar wijzigen de acceleratie- en de deceleratietijden niet bij beide groepen niet. De longitudinale resultaten suggereren eerder dat de ontwikkeling van elementaire visuomotorische processen bij prematuur geboren kinderen verschilt van die van kinderen met

## Samenvatting

een gewone ontwikkeling dan dat de ontwikkeling van premature kinderen een jaar vertraagd is. Tenslotte suggereert de geleidelijke toename van de deceleratietijd tussen 8 en 10 jaar bij de premature groep dat de transitie van intersensorische integratie bij de verschillende kinderen op verschillende leeftijden optreedt en/of vertraagd is over een langere tijdsperiode dan een jaar.

In de laatste twee studies onderzoeken we on-line bewegingsadaptaties, die ecologisch meer relevant zijn dan de bewegingen tijdens de eenvoudige aanwijstaak van de eerste twee studies. In het dagelijks leven worden bewegingen vaak gestart alvorens de exacte locatie van het doel bekend is, zoals het reiken naar een zak chips, die op een plank staat tussen zakken met andere soorten chips, of reiken naar een snoepje uit een kom, die gevuld is met andere snoepjes. De algemene richting en afstand van zulke bewegingen zijn bekend bij aanvang van de beweging, maar de precieze locatie van het doel wordt bepaald tijdens de beweging. Onzekerheid over de precieze locatie van het doel bij aanvang van de beweging vereist het vermogen om de reikbeweging on-line aan te passen om de nauwkeurigheid te behalen die nodig is voor een succesvolle grijpbeweging. Om deze bewegingsadaptaties te onderzoeken, bieden we een aanwijstaak aan waarin het doel – een groene stip - laat in de beweging van plaats verandert, namelijk nadat de acceleratiefase afgelopen is. De procedure is als volgt: het kind drukt met de wijsvinger van de voorkeurshand een knop in waarna een rode stip in het midden van het scherm verschijnt. Na een variabele tijd verschijnt een groene stip op steeds dezelfde locatie waarna het kind de knop loslaat om de beweging te starten. De tijd tussen de aanbieding van de groene stip en het loslaten van de knop wordt de reactietijd genoemd. Tijdens deze periode programmeert het kind de beweging naar de stip (programmeringsfase). Nadat het kind de knop losgelaten heeft, neemt de bewegingssnelheid toe

(acceleratiefase). Echter, bij 1/3 van de trials verspringt de stip na die acceleratiefase dichterbij, bij 1/3 verder af, en bij 1/3 blijft de stip staan. Als de stip verspringt, dan moet een bewegingscorrectie uitgevoerd worden tijdens de deceleratiefase. De deceleratiefase bestaat uit een eerste onderdeel waarin de visuele informatie over de nieuwe doellocatie gebruikt wordt om de beweging te stoppen, het bewegingsprogramma te corrigeren en een nieuwe beweging te programmeren naar de nieuwe locatie. Deze tijd tussen het verschijnen van de versprongen stip en het inzetten van de corrigerende beweging wordt de correctietijd genoemd. Het tweede onderdeel van de deceleratiefase bestaat uit het uitvoeren van de nieuw geprogrammeerde beweging (corrigerende beweging) naar de nieuwe locatie. Als de stip niet verspringt, dan kan de beweging afgemaakt worden zonder een corrigerende beweging te programmeren en uit te voeren. De kinderen weten bij aanvang van de trial nooit of de stip verspringt of niet.

Aangezien weinig bekend is over de ontwikkeling van bewegingsadaptaties bij kinderen met een gewone ontwikkeling, onderzoeken we de prestatie van deze kinderen op deze taak in de derde studie (*Hoofdstuk 4*). Deze studie verschaft inzicht in het effect dat de ontwikkeling van een intersensorisch netwerk voor bewegingscontrole rond 8 jaar heeft op de ontwikkeling van bewegingsadaptaties bij gewone kinderen. De resultaten laten zien dat 7- tot 10-jarige kinderen de vaardigheid ontwikkeld hebben om optimale, aan de omgevingseisen aangepaste on-line bewegingsadaptaties te programmeren en uit te voeren. De meerderheid gebruikt één beweging om het versprongen doel nauwkeurig aan te raken. Een minderheid gebruikt een minder optimale aanpassing, namelijk een eerste beweging waarbij ze de locatie van het reeds versprongen doel aanraken en dus het doel missen. Deze beweging wordt dan gevolgd door een tweede beweging waarbij ze de locatie van het versprongen doel aanraken, dus de tweede locatie. Echter, het

## Samenvatting

versprongen doel is reeds verdwenen door de aanraking van de eerste locatie, en dus mist de beweging opnieuw het doel. De resultaten suggereren dat de optimale bewegingsadaptaties het gevolg zijn van een strategie waarin een specifieke component van de beweging, namelijk de deceleratiefase, vertraagd is. Vervolgens hebben we de bewegingen geanalyseerd van alleen die kinderen, die optimale adaptaties uitvoeren. De resultaten laten een afname van de reactietijd tussen 7 en 8 jaar en geen verandering in reactietijd tussen 8 en 10 jaar zien. Tussen 8 en 9 jaar neemt de bewegingstijd af en tussen 7 en 8 jaar, en 9 en 10 jaar blijft de bewegingstijd constant. Dit suggereert dat de programmering van bewegingsadaptaties verbetert tussen 7 en 8 jaar, terwijl tussen 8 en 9 jaar de uitvoering van de adaptatie verbetert. Het leeftijdstraject van de bewegingstijd was gelijkaardig aan het traject van de deceleratietijd, en niet aan het traject van de acceleratietijd. Bijgevolg lijken de 7- en 8-jarigen meer tijd nodig te hebben voor on-line visuele feedback informatieverwerking dan de 9- en 10-jarigen. Tenslotte, neemt de correctietijd – tijd tussen het verschijnen van de versprongen stip en het begin van de corrigerende beweging - af tussen 7 en 8 jaar en verandert deze niet tussen 8 en 10 jaar. Aangezien de deceleratietijd – som van de correctietijd en de tijd voor de corrigerende beweging - niet verandert tussen 7 en 8 jaar suggereert de afname van de correctietijd tussen 7 en 8 jaar dat 8-jarigen het bewegingsprogramma sneller dan de 7-jarigen bijwerken met de visuele informatie over de nieuwe doellocatie. De 8-jarigen, daarentegen, lijken meer tijd nodig te hebben om de corrigerende beweging te controleren met feedback informatie over de nieuwe doellocatie dan de 7-jarigen. Deze resultaten suggereren dus dat de transitie in de ontwikkeling van bewegingscontrole rond 8 jaar een transitie betreft, die vooral betrekking heeft op de verwerking van on-line visuele feedback informatie voor de controle van een beweging – i.c. toename van de duur van de corrigerende beweging

tussen 7 en 8 jaar - en niet zo zeer op het programmeren van een tweede beweging – i.c. afname van de correctietijd tussen 7 en 8 jaar.

In de vierde studie (*Hoofdstuk 5*), hebben we de prestatie op deze aanwijstaak vergeleken tussen de premature groep en die van de groep kinderen, die in de derde studie onderzocht zijn (controlegroep). De vierde studie verschaft ons inzicht in de gevolgen van zwakkere elementaire visuomotorische processen bij prematuren, zoals die zijn gevonden in de eerste en tweede studies, voor de uitvoering van bewegingsadaptaties. De resultaten van de vierde studie suggereren dat ook de meerderheid van 7- tot 10-jarige prematuur geboren kinderen de vaardigheid ontwikkeld hebben om de optimale, aan de omgevingseisen aangepaste on-line bewegingsadaptaties te programmeren en uit te voeren. De meerderheid gebruikt één beweging om het versprongen doel aan te raken. Een minderheid gebruikt de minder optimale aanpassing, zoals beschreven in de derde studie. Net zoals bij kinderen met een gewone ontwikkeling (zie derde studie) laten de resultaten zien dat de optimale adaptaties het resultaat zijn van een strategie waarin een specifieke component van de bewegingsuitvoering, namelijk de deceleratiefase, vertraagd is. Aangezien er geen verschil is tussen het aantal premature en controlekinderen, die een optimale adaptatie uitvoeren, concluderen we dat de zwakkere elementaire visuomotorische processen van prematuur geboren kinderen de mate van optimale aanpassing van bewegingsadaptaties niet beïnvloeden. Verder concluderen we dat de frontale gebieden, betrokken bij de programmering van bewegingsadaptaties (Glover, 2004), bij prematuur geboren kinderen niet aangedaan zijn door ongewone gebeurtenissen in de vroege ontwikkeling en een premature ervaring met de buitenwereld. Vervolgens hebben we de bewegingen kwantitatief geanalyseerd van alleen die kinderen, die optimale adaptaties uitvoerden. Op 7 en 9 jaar zijn de premature groepen minder efficiënt dan de

controlegroepen. Op 7 jaar is de bewegingstijd langer en op 9 jaar is de programmeringstijd langer bij de premature groep. Op 8 en 10 jaar verschillen beide groepen niet. De acceleratie- en deceleratietijden verschillen niet tussen beide groepen op alle leeftijden. De correctietijd is bij de premature groep op alle leeftijden consistent iets trager, maar deze verschillen niet significant. De onderzoeksgroep is te klein om voldoende bewijskracht te hebben dat de subtiele verschillen in correctietijd niet toevallig zijn. Op basis van de resultaten van de kwantitatieve bewegingsanalyse concluderen we dat de uitvoering van de bewegingsadaptaties bij prematuur geboren kinderen slechts iets minder efficiënt verloopt dan bij op tijd geboren leeftijdsgenoten. Dit is verrassend gegeven de eerdere bevindingen dat elementaire visuomotorische processen bij prematuur geboren kinderen minder efficiënt verlopen. De leeftijdstrajecten, daarentegen, verschillen duidelijker tussen beide groepen. In tegenstelling tot de controlegroep (zie derde studie), blijft de programmeringstijd bij de prematuren constant voor alle leeftijden, maar neemt de bewegingstijd af tussen 9 en 10 jaar. Ook het leeftijdstraject van de correctietijd verschilt tussen beide groepen. Bij de controlegroep neemt de correctietijd af tussen 7 en 8 jaar en blijft deze constant tussen 8 en 10 jaar. Bij de premature groep is het leeftijdstraject minder duidelijk, omdat we over onvoldoende bewijskracht beschikken: de gegevens zijn in overeenstemming met zowel een model waarin er geen verschillen zijn tussen de leeftijdsgroepen als een model waarin de correctietijd lineair afneemt met toenemende leeftijd. Echter, beide modellen laten bij de premature groep een ander leeftijdstraject van correctietijd zien dan bij de controlegroep. Deze resultaten suggereren dat de ontwikkeling van de visuomotorische processen, die betrokken zijn bij bewegingsadaptaties tussen de beide groepen anders verloopt. Deze conclusie is in overeenstemming met de conclusie van de quasi-longitudinale studie (*Hoofdstuk 3*).

In het laatste hoofdstuk wordt een mechanisme van hersenbeschadiging voorgesteld waarin een disfunctie van de dorsale visuele stroom en het cerebellum secundair zijn aan periventriculaire witte stofletsels. Er is toenemende evidentie dat deze letsels veroorzaakt worden door perinataal zuurstoftekort en/of infecties bij de moeder, die vaak vastgesteld worden bij prematuur geboren kinderen.

De eerste conclusie van dit onderzoek is dat de plasticiteit van hersenen beperkt is, aangezien bij de prematuur geboren groep kinderen ook op oudere leeftijd een disfunctie van elementaire visuomotorische processen gevonden worden, ondanks het feit dat er geen sprake was van ernstige medische complicaties, en dat de processen dagelijks geoefend werden, zoals tijdens het reiken naar objecten. De tweede conclusie is dat de visuomotorische problemen die consistent bij prematuur geboren kinderen gevonden worden, zoals vastgesteld op basis van complexe visuomotorische tests, deels verklaard kunnen worden door disfunctionele elementaire visuomotorische processen. Echter, er zijn vermoedelijk ook andere, cognitieve processen betrokken bij de visuomotorische problemen, aangezien de verschillen tussen de groepen op onze elementaire visuomotorische taken subtiel waren.



